

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**

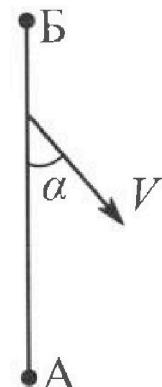
Вариант 09-01

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

1. Беспилотные летательные аппараты применяют для доставки полезных грузов. Продолжительность полета аппарата по маршруту А → Б в безветренную погоду составляет $T_0=400$ с. Расстояние АБ равно $S=9,6$ км.

1. Найдите скорость U аппарата в спокойном воздухе.

Допустим, что в течение всего времени полета ветер дует с постоянной скоростью $V = 16$ м/с под углом α к прямой АБ (см. рис.) таким, что $\sin \alpha = 0,6$.



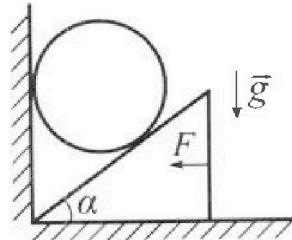
2. Найдите продолжительность T_1 полета по маршруту А → Б в этом случае. Скорость аппарата относительно воздуха постоянна и равна U .
3. При каком значении угла α продолжительность полета по маршруту А → Б → А максимальная? Движение аппарата прямолинейное.
4. Найдите максимальную продолжительность T_{MAX} полета по маршруту А → Б → А. Движение аппарата прямолинейное.

2. Школьник наносит удар по мячу, лежащему на горизонтальной площадке. Модуль скорости мяча через $t_1 = 1$ с и $t_2 = 2$ с после старта одинаков. За этот промежуток времени вектор скорости повернулся на угол $2\beta = 60^\circ$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите продолжительность T полета от старта до падения на площадку.
2. Найдите максимальную высоту H полета.
3. Найдите радиус R кривизны траектории в момент времени $t_1 = 1$ с.

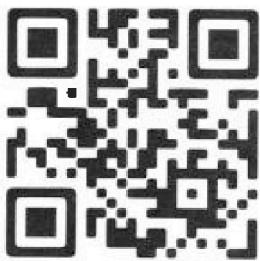
3. Клин с углом при вершине $\alpha = 30^\circ$ находится на горизонтальной поверхности. На наклонной плоскости клина поконится однородный шар (см. рис.), касающийся вертикальной стенки. Массы шара и клина одинаковы и равны $m=1$ кг. Трения нет. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

1. Найдите горизонтальную силу F , которой систему удерживают в покое.



Силу F снимают, шар и клин приходят в поступательное прямолинейное движение с нулевой начальной скоростью. После перемещения по вертикали на $H=0,8$ м шар абсолютно упруго сталкивается с горизонтальной поверхностью.

2. Найдите перемещение h шара после соударения до первой остановки.
3. Найдите ускорение a клина в процессе разгона.
4. При каком значении угла α ускорение клина максимальное?
5. Найдите максимальное ускорение a_{MAX} клина.



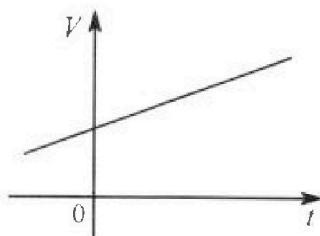
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024
Вариант 09-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. На шкале ртутного термометра расстояние между отметками $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $t_2 = 42^\circ\text{C}$ равно $L=5$ см. В термометре находится $m=2$ г ртути.

Экспериментально установлено, что с ростом температуры объем ртути увеличивается по линейному закону. График зависимости объема V ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия, представлен на рисунке к задаче. При температуре $t_{100} = 100^\circ\text{C}$ объем ртути в $\beta = 1,018$ раза больше объема ртути при $t_0 = 0^\circ\text{C}$. Плотность ртути при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$ считайте равной $\rho = 13,6 \text{ г}/\text{см}^3$. Тепловое расширение стекла пренебрежимо мало.

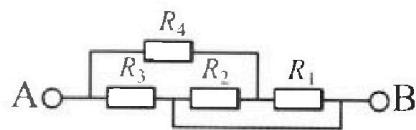


- Следуя предоставленным опытным данным, запишите формулу зависимости объема $V(t)$ ртути от температуры t , измеренной в градусах Цельсия. Формула должна содержать величины: m , ρ , β , t_0 , t_{100} , t .
- Найдите приращение ΔV объема ртути при увеличении температуры от $t_1 = 35^\circ\text{C}$ до $t_2 = 42^\circ\text{C}$. В ответе приведите формулу и число в мм^3 .
- Найдите площадь S поперечного сечения капилляра термометра. Ответ представьте в мм^2 .

5. В цепи, схема которой представлена на рисунке к задаче, сопротивления резисторов $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 20 \Omega$, $R_3 = 10 \Omega$, $R_4 = 6 \Omega$.

- Найдите эквивалентное сопротивление $R_{\text{экв}}$ цепи.

Контакты А и В подключают к источнику постоянного напряжения $U=10 \text{ В}$.



- Найдите мощность P , которая рассеивается на всей цепи.
- На каком резисторе рассеивается наименьшая мощность? Найдите эту наименьшую мощность P_{MIN} .

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$T_0 = 4000 \text{ с}$$

$$S = 9,6 \text{ км}$$

$$U = 16 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\sin \alpha = 0,6$$

V - ?

T_1 - ?

\angle_0 - ?

T_{\max} - ?

$$1. V = \frac{S}{T_0} = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$2. T_1 = \frac{S}{V_x - U_x}$$

$$U_x = U \cdot \cos \alpha$$

$$V_x = \sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$T_1 = \frac{S}{\cancel{V_x} - \cancel{U_x}}$$

$$= \frac{S}{\sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2} - U \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$= \frac{9600}{\sqrt{24^2 - (16 \cdot 0,6)^2} - 16 \cdot 0,8} \text{ с} = \frac{9600}{\cancel{15,36 + 8,64} - 12,8} \text{ с} = \frac{9600}{\cancel{24^2} - 16^2} \text{ с} = \frac{9600}{12 \cdot 16} \text{ с}$$

$$= \frac{9600}{12 \cdot 24 - 128} \text{ с} = \frac{9600}{288 - 128} \text{ с} = \frac{9600}{160} \text{ с} = \frac{9600}{16 \cdot 10} \text{ с} = \frac{600}{16} \text{ с} = \frac{375}{10} \text{ с} = 37,5 \text{ с}$$

$$= \frac{6000}{3\sqrt{21}-8} \text{ с}$$

$$3. T_{\max} = \frac{S}{\sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2} + U \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{S}{\sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2} + U \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}$$

$$= \frac{2S\sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2}}{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2 - U^2 + (U \cdot \sin \alpha)^2} = \frac{2S\sqrt{V^2 - (U \cdot \sin \alpha)^2}}{V^2 - U^2} \quad T_{\max} - \max, \text{ при } \sin \alpha = 0$$

$$\angle_0 = 0^\circ$$

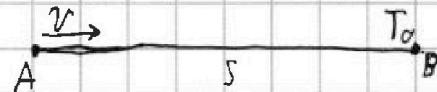
$$T_{\max} = \frac{2S \cdot \sqrt{V^2 - U^2}}{V^2 - U^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{24^2 - 16^2} \text{ с} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{80} \text{ с} = 23040 \text{ с}$$

$$T_{\max} = \frac{2S \cdot V}{V^2 - U^2} = \frac{2 \cdot 9600 \cdot 24}{8^2 \cdot 5} \text{ с} = \frac{3 \cdot 2400}{5} \text{ с} = 1440 \text{ с}$$

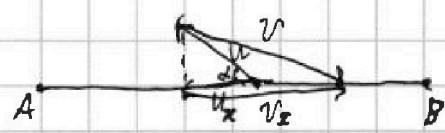
Ответ: $V = 24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $T_1 = \frac{6000}{3\sqrt{21}-8} \text{ с}$, $\angle_0 = 0^\circ$, $T_{\max} = 1440 \text{ с}$.

N 1.

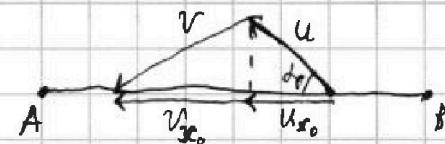
Без ветра:



С ветром A → B:



С ветром B → A:





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$t_1 = 1 \text{ с}$$

$$t_2 = 2 \text{ с}$$

$$\alpha = 60^\circ$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2|$$

$$T - ?$$

$$H - ?$$

$$R_{\text{нр}} - ?$$

N 2.

Решение.

Если в дробке модули скорости равны в разные

моменты времени, то они

в эти моменты находятся на

одной высоте относительно земли.

$$T = t_1 + (t_2 - t_1) + t_1 = t_1 + t_2 = 3 \text{ с}$$

$$t_3 = t_1 + \frac{(t_2 - t_1)}{2} = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1,5 \text{ с}$$

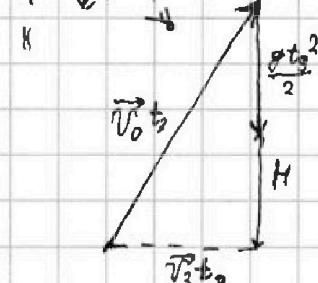
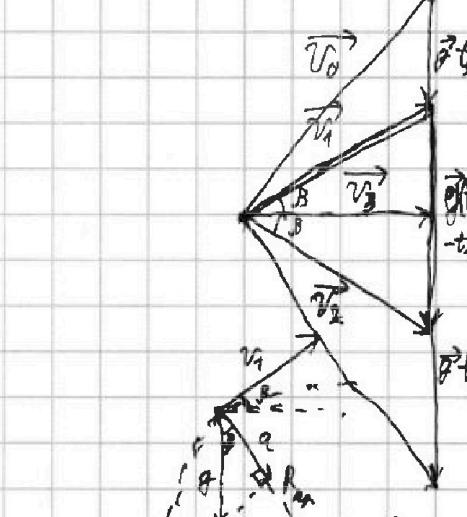
$$H = \frac{g t_3^2}{2} = \frac{10 \cdot 1,5^2}{2} = \frac{10 \cdot 3^2}{4} = 11,25 \text{ м}$$

$$(g(t_2 - t_1))^2 = v_1^2 + v_2^2 - 2 \cdot \cos 2\alpha \cdot v_1 \cdot v_2$$

$$V_1 = g(t_2 - t_1) = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \alpha = \cos \alpha \cdot g = 5\sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$R_{\text{нр}} = \frac{v_1^2}{\alpha} = \frac{100}{5\sqrt{3}} \text{ м} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } T = 3 \text{ с}, H = 11,25 \text{ м}, R_{\text{нр}} = \frac{20\sqrt{3}}{3} \text{ м.}$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано

$$\alpha = 30^\circ$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$S = 10 \text{ м}$$

$$\mu = 0,8 \text{ м}^{-1/2}$$

$$F = ?$$

$$h = ?$$

$$\alpha = ?$$

$$a_{\text{max}} = ?$$

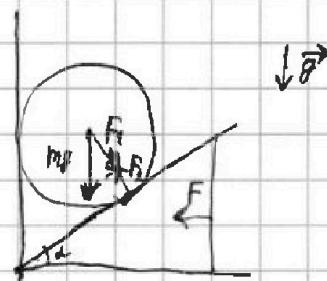
$$\left. \begin{aligned} F_1 &= F_2 \\ F_1 &= m g \cdot \cos 30^\circ \\ F_2 &= F \cdot \sin 30^\circ \end{aligned} \right\}$$

$$F_1 = m g \cdot \cos 30^\circ$$

$$F_2 = F \cdot \sin 30^\circ$$

$$F = \frac{m g \cdot \cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = 8\sqrt{3} \text{ Н}$$

№ 3





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$t_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$V_{100} = V_0 \cdot \beta \quad V_0 = \frac{m}{\rho}$$

$$t_2 = 42^\circ\text{C}$$

$$V_{100} = V_0 + \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$$

$$L = 5 \text{ см}$$

$$V_0 (\beta - 1) = \alpha \cdot (t_{100} - t_0)$$

$$m = 28$$

$$t_{100} = 100^\circ\text{C}$$

$$\alpha = \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho}$$

$$\beta = 1,018$$

$$V_{100} = V_0 \cdot \beta$$

$$t_0 = 0^\circ\text{C}$$

$$\rho = 13,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$V(t) - ?$$

$$\Delta V - ?$$

$$S - ?$$

№4.

$$V(t) = \alpha \cdot t + V_0 = \frac{m}{\rho} + \frac{m(\beta - 1)}{(t_{100} - t_0) \cdot \rho} \cdot t \neq \frac{m(1 + (\beta - 1)t)}{\rho(t_{100} - t_0)}$$

$$= \frac{m(1 + (\beta - 1)t)}{\rho(t_{100} - t_0)}$$

$$\Delta V = V(t_2) - V(t_1) = \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t_2}{t_{100} - t_0} - \frac{(\beta - 1)t_1}{t_{100} - t_0} \right) = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho(t_{100} - t_0)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 7}{13,6 \cdot 100} \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{2 \cdot 28 \cdot 7 \cdot \text{г} \cdot \text{см}^3}{1000 \cdot 0,446} = \frac{63}{34 \cdot 10000} \frac{\text{г} \cdot \text{см}^3}{\text{см}^3} = \frac{63}{340} \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

$$S = \frac{\Delta V}{L} = \frac{63}{340 \cdot 50} \frac{\text{мл}}{\text{мм}^2} = \frac{63}{17000} \frac{\text{мл}}{\text{мм}^2}$$

$$\text{Ответ: } V(t) = \frac{m}{\rho} \left(1 + \frac{(\beta - 1)t}{t_{100} - t_0} \right), \Delta V = \frac{m(\beta - 1)(t_2 - t_1)}{\rho \cdot (t_{100} - t_0)} = \frac{63}{340} \frac{\text{мл}}{\text{см}^3},$$

$$S = \frac{63}{17000} \frac{\text{мл}}{\text{мм}^2}.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$$R_1 = 5 \Omega \mu$$

$$R_2 = 20 \Omega \mu$$

~~R₃~~

$$R_3 = 10 \Omega \mu$$

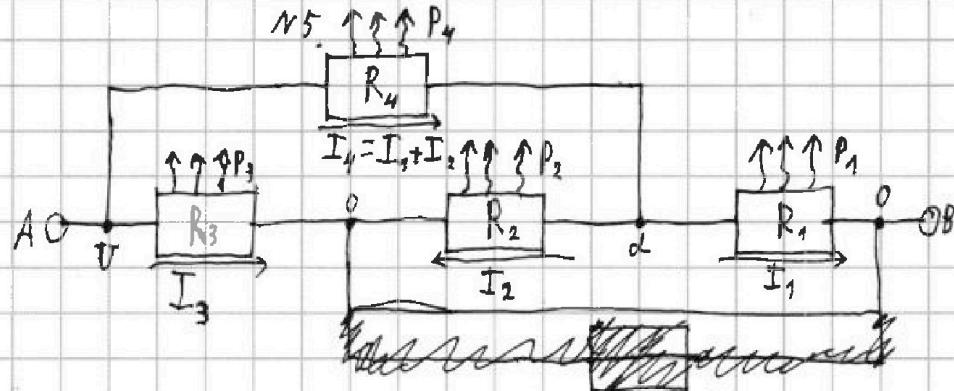
$$R_4 = 6 \Omega \mu$$

Резистор n имеет сопротивление R_n , сидя тока
через него равна I_n , а максимум на нем рассеива-
емая мощность P_n .

$R_{\text{раб}} - ?$

$P - ?$

$P_{\min} - ?$



$$\begin{aligned} 1) \quad & I_1 = \frac{d-0}{R_1} \quad 2) \quad \frac{V-d}{R_4} = \frac{d-0}{R_1} + \frac{d-0}{R_2} \\ & I_2 = \frac{d-0}{R_2} \quad V \cdot (R_1 R_2) = d(R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4) \\ & I_3 = \frac{V-0}{R_3} \quad d = \frac{V \cdot R_1 R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_4 + R_2 R_4} = \frac{10 \text{ В} \cdot 100 \Omega \mu^2}{100 \Omega \mu^2 + 30 \Omega \mu^2 + 120 \Omega \mu^2} = \\ & I_4 = \frac{V-d}{R_4} \quad 3) \quad I_1 = \frac{d-0}{R_1} = 0,8 \text{ A} \quad I_2 = \frac{d-0}{R_2} = 0,2 \text{ A} \\ & I_3 = \frac{V-0}{R_3} = 1 \text{ A} \quad I_4 = \frac{V-d}{R_4} = 1 \text{ A} \quad R_{\text{раб}} = \frac{V}{I_{\text{текущ}} \cdot I_3 + I_4} = \frac{V}{I_3 + I_4} = 5 \Omega \mu \end{aligned}$$

$$4) P_1 = V(d-0) \cdot I_1 = 3,2 \text{ Вт} \quad P_2 = (d-0) \cdot I_2 = 0,8 \text{ Вт} \quad P_3 = (V-0) \cdot I_3 = 10 \text{ Вт}$$

$$P_4 = (V-d) \cdot I_4 = 0,8 \text{ Вт} \quad P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 20 \text{ Вт} \quad P_{\min} = P_2 = 0,8 \text{ Вт}$$

Ответ: $R_{\text{раб}} = 5 \Omega \mu$, $P = 20 \text{ Вт}$, $P_{\min} = 0,8 \text{ Вт}$.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
_ ИЗ _

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> |

СТРАНИЦА
ИЗ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!